

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2003045459 A**

(43) Date of publication of application: 14.02.03

(51) Int. Cl

**H01M 8/04**

**H01M 8/06**

**// H01M 8/00**

(21) Application number: **2001233735**

(71) Applicant: **CASIO COMPUT CO LTD**

(22) Date of filing: **01.08.01**

(72) Inventor: **YAMAMOTO TADAO**

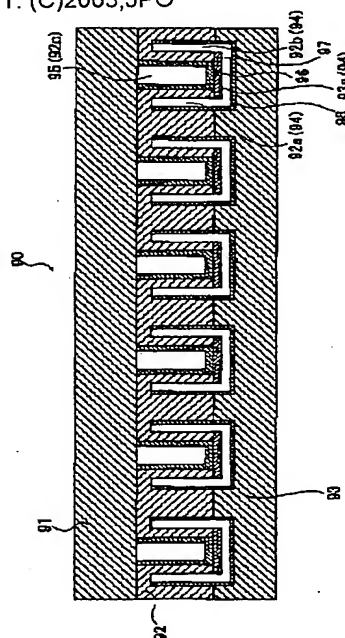
**(54) HEATING ARRANGEMENT, REFORMING  
DEVICE AND FUEL CELL SYSTEM**

COPYRIGHT: (C)2003,JPO

**(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To enhance efficiency in used energy.

**SOLUTION:** This micro-reforming reactor 90 has a junction structure formed by superimposing an upper base 91, a middle base 92, and a lower base 93 to join them. A zigzag micro-passage 95 is formed on the middle base 92. A reforming catalyst 96 is formed on the inner surface of the micro-passage 95. In addition, a cavity 94 having a U-shaped cross section is formed on the middle base 92 and the lower base 93 so as to surround the micro-passage 95 and so as to stay along the micro-passage 95. A thin film heater 97 is interposed between the micro-passage 95 and the cavity 94. While an evaporated raw material gas flows in the micro-passage 95, the raw material gas is heated by the thin film heater 97 and expedited by the reforming catalyst 96 to cause reforming. Thereby, a gas containing hydrogen is produced.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-45459  
(P2003-45459A)

(43) 公開日 平成15年2月14日 (2003.2.14)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 1 M 8/04

識別記号

8/06

F I

H 0 1 M 8/04

8/06

テーマコード (参考)

N 5 H 0 2 7

L

X

A

G

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2001-233735(P2001-233735)

(22) 出願日

平成13年8月1日 (2001.8.1)

(71) 出願人 000001443

カシオ計算機株式会社

東京都渋谷区本町1丁目6番2号

(72) 発明者 山本 忠夫

東京都青梅市今井3-10-6 カシオ計算  
機株式会社青梅事業所内

(74) 代理人 100090033

弁理士 荒船 博司 (外1名)

Fターム (参考) 5H027 AA02 AA06 AA08 BA01 BA03

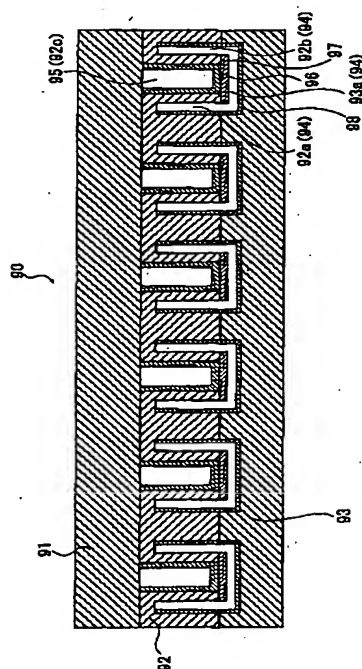
BA13 BA17 DD01

(54) 【発明の名称】 加熱装置、改質装置及び燃料電池システム

(57) 【要約】

【課題】 課題は、エネルギー利用効率を向上させることである。

【解決手段】 本発明に係るマイクロ改質反応器90は、上基板91、中基板92及び下基板93を重ねて接合した接合構造となっている。そして、中基板92は、葛折れとなったマイクロ流路95が形成されている。マイクロ流路95の内面には、改質触媒96が形成されている。更に、断面コ字状の空洞94がマイクロ流路95を囲むようにしてかつマイクロ流路95に沿うようにして、中基板92及び下基板93に形成されている。また、マイクロ流路95と空洞94との間には、薄膜ヒータ97が介在している。そして、気化した原料ガスがマイクロ流路95を流れている間に、原料ガスは薄膜ヒータ97に加熱されて、更に改質触媒96に促進されて、改質反応をする。これにより、水素を含むガスが生成される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】改質原料を改質するための改質装置に用いられる加熱装置において、

改質原料の存する第一の内部空間が設けられた本体と、前記第一の内部空間を加熱する加熱手段と、を備え、第二の内部空間が前記第一の内部空間の近傍において前記本体に設けられていることを特徴とする加熱装置。

【請求項 2】請求項 1 記載の加熱装置において、前記本体が、前記第一の内部空間の設けられた第一基板と、

凹部の設けられた第二基板と、を備え、前記凹部が覆われるようにして前記第二基板が前記第一基板に接合することで、前記凹部が前記第二の内部空間となることを特徴とする加熱装置。

【請求項 3】請求項 2 記載の加熱装置において、前記第一基板の熱伝導率が前記第二基板の熱伝導率より大きいことを特徴とする加熱装置。

【請求項 4】請求項 1 から 3 のいずれかに記載の加熱装置において、前記第二の内部空間には、フッ素を含むメタン若しくはエタンの多ハロゲン化誘導体のガス、空気又は炭酸ガスが充填されていることを特徴とする加熱装置。

【請求項 5】請求項 1 から 3 のいずれかに記載の加熱装置において、前記第二の内部空間がほぼ真空となっていることを特徴とする加熱装置。

【請求項 6】請求項 1 から 5 のいずれかに記載の加熱装置において、前記第二の内部空間を形成する内面に鏡面が形成されていることを特徴とする加熱装置。

【請求項 7】請求項 1 から 6 のいずれかに記載の加熱装置において、液状の改質原料を前記第一の内部空間に供給する供給手段を備え、供給された改質原料を前記加熱手段によって加熱することにより前記第一の内部空間で蒸発させることを特徴とする加熱装置。

【請求項 8】請求項 7 記載の加熱装置と、前記第一の内部空間に設けられる改質触媒と、を備え、蒸発した改質原料を前記改質触媒によって前記第一の内部空間で改質することで水素を生成することを特徴とする改質装置。

【請求項 9】請求項 1 から 6 のいずれかに記載の加熱装置と、液状の改質原料を蒸発させるとともに前記第一の内部空間に通ずる蒸発部と、前記第一の内部空間内に設けられる改質触媒と、を備え、前記蒸発部において蒸発した改質原料を前記改質触媒によって前記第一の内部空間内で改質することで水素を生

成することを特徴とする改質装置。

【請求項 10】請求項 8 又は 9 記載の改質装置と、酸素と前記改質装置によって生成された水素とを反応させて発電を行う燃料電池と、を備える燃料電池システム。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、改質原料を加熱する加熱装置、この加熱装置を具備する改質装置及び燃料電池システムに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、民生用或いは産業用のあらゆる分野において、様々な化学電池が使用されている。例えば、アルカリ乾電池又はマンガン乾電池等の一次電池は、時計、カメラ、玩具又は携帯型の音響機器等に多用されており、我が国に限らず、世界的な観点からも最も生産数量が多く、安価かつ入手が容易という特徴を有している。

【0003】一方、ニッケル・カドミウム蓄電池、ニッケル・水素蓄電池又はリチウムイオン電池等の二次電池は、近年普及が著しい携帯電話、携帯情報端末（例えば、PDA 等）、デジタルビデオカメラ或いはデジタルスチルカメラ等の携帯機器に多用されており、繰り返し充放電ができることから経済性に優れた特徴を有している。また、二次電池のうち、鉛蓄電池は、車両若しくは船舶の起動用電源、又は、産業設備若しくは医療設備における非常用電源等として利用されている。

【0004】ところで、近年、環境問題或いはエネルギー問題への関心の高まりに伴い、上述したような化学電池の使用後の廃棄に関する問題及びエネルギー変換効率の問題がクローズアップされている。とくに、一次電池においては、上述したように、製品価格が安価で入手が容易なうえ、電源として利用する機器も多く、しかも、基本的に一度放電されると電池容量が回復することができない、一回限りの利用（いわゆる、使い捨て）しかできないため、年間の排気量が数百万トンに上っている。ここで、化学電池全体では、リサイクルにより回収される比率は、概ね 20% 程度に過ぎず、残りの 80% 程度が自然界に投棄され、又は埋め立て処理されているとする統計資料もあり、このような未回収の電池に含まれる水銀或いはインジウム等の重金属による環境破壊、及び自然環境の美観の悪化が懸念されている。

【0005】また、エネルギー資源の利用効率の観点から上記化学電池を検証すると、一次電池においては、放電可能エネルギーの概ね 300 倍のエネルギーを使用して生産されているため、エネルギー利用効率が 1% にも満たない。これに対して、繰り返し充放電が可能で経済性に優れた二次電池であっても、家庭用電源（例えば、コンセント）等から充電を行う場合、発電所における発電効率及び送電損失等により、エネルギー利用効率が概

ね12%程度にまで低下してしまうため、必ずしもエネルギー資源の有効利用が図られているとは言えなかった。

【0006】そこで、近年、環境への影響が少なく、かつ、30~40%程度の極めて高いエネルギー利用効率を実現することができる、いわゆる、燃料電池が注目され、車両用の駆動電源又は家庭用のコジェネレーションシステム等への適用を目的として、あるいは、上述したような化学電池の代替えを目的として、実用化のための研究、開発が盛んに行われている。

【0007】固体高分子型の燃料電池は、アノード及びカソードで高分子電解質膜を挟んでなるもので、アノードに水素が、カソードに酸素がそれぞれ供給されて電気化学反応を起こして発電するようになっている。また、燃料電池の水素供給源としては、燃料改質装置が用いられている。この燃料改質装置は、アルコール系或いはガソリン等の液体燃料と水を加熱して蒸発させる蒸発器と、液体燃料の蒸気及び水蒸気を加熱することで及び改質触媒を用いて反応を促進することで、水素を含む改質ガスへ改質して生成する改質器とを備えている。このような燃料電池と燃料改質装置により、燃料電池システムが構成される。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、今後、エネルギー利用効率が高い燃料電池を用いた燃料電池システムを小型軽量化して、可搬型又は携帯型のポータブル電源、例えば、上述したような化学電池の代替えとして適用するためには、様々な問題を解決する必要がある。即ち、液体燃料並びに水、又は液体燃料の蒸気並びに水蒸気に対しての加熱以外に熱エネルギーが消費され、エネルギーが熱損失となる。そのため、燃料電池システム全体として、エネルギー利用効率が悪化する場合がある。

【0009】本発明の課題は、エネルギー利用効率を向上させることにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】以上の課題を解決するために、請求項1記載の発明は、例えば図5、図7、図8、図12又は図13に示すように、改質原料を改質するための改質装置に用いられる加熱装置（例えば、マイクロ蒸発器50、マイクロ改質反応器51、マイクロ改質反応器90、マイクロ回分反応器151又はマイクロ連続槽反応器251）において、改質原料の存する第一の内部空間（例えば、蒸発室63、マイクロ流路68、マイクロ流路95、反応室164又は反応室264）が設けられた本体（例えば、中基板56並びに下基板57、中基板70並びに下基板71、中基板92並びに下基板93、中基板153並びに下基板154、又は、中基板253並びに下基板154）と、前記第一の内部空間を加熱する加熱手段（例えば、薄膜ヒータ58、7

6、97又は157）と、を備え、第二の内部空間（例えば、空洞60、74、94又は162）が前記第一の内部空間の近傍において前記本体に設けられていることを特徴としている。

【0011】以上の請求項1記載の発明では、加熱手段によって第一の内部空間が加熱されることで、改質原料及び本体も加熱される。第二の内部空間が第一の内部空間の近傍に設けられているが、熱は第一の内部空間から第二の内部空間を通過して伝導し難い。従って、加熱手段から生じる熱エネルギーは改質原料の加熱に効率よく用いられる。そのため、本発明に係る加熱装置では、エネルギーの熱損失が抑制されるとともに、エネルギーの利用効率が向上する。なお、改質原料は、液体であっても良いし、気体であっても良い。

【0012】請求項2記載の発明は、例えば図7に示すように、請求項1記載の加熱装置において、前記本体が、前記第一の内部空間の設けられた第一基板（例えば、中基板70）と、凹部（例えば、凹部71a）の設けられた第二基板（例えば、下基板71）と、を備え、前記凹部が覆われるようにして前記第二基板が前記第一基板に接合することで、前記凹部が前記第二の内部空間となることを特徴としている。

【0013】以上の請求項2記載の発明では、加熱手段によって第一の内部空間が加熱されることで、改質原料及び第一基板も加熱される。そして、第二基板が第一基板に接合することで凹部による第二の内部空間が形成されるが、この第二の内部空間が存するため、第一基板の熱が第二の内部空間を通過して第二基板へと伝導し難い。そのため、加熱手段から生じる熱エネルギーは第一の内部空間及び第一基板への加熱、結局のところ改質原料への加熱に効率よく用いられる。そのため、本発明に係る加熱装置では、エネルギーの利用効率が向上する。

【0014】請求項3記載の発明は、請求項2記載の加熱装置において、前記第一基板の熱伝導率が前記第二基板の熱伝導率より大きいことを特徴としている。

【0015】以上の請求項3記載の発明では、加熱手段によって第一の内部空間が加熱されることで、改質原料及び第一基板も加熱されるが、第一基板の熱伝導率が第二基板の熱伝導率より大きいため、熱が第一基板から第二基板に伝導し難い。そのため、加熱手段から生じる熱エネルギーは第一の内部空間への加熱、結局のところ改質原料への加熱に効率よく用いられる。そのため、本発明に係る加熱装置では、エネルギーの利用効率が向上する。

【0016】請求項4記載の発明は、請求項1から3のいずれかに記載の加熱装置において、前記第二の内部空間には、フッ素を含むメタン若しくはエタンの多ハロゲン化誘導体のガス、空気又は炭酸ガスが充填されていることを特徴としている。

【0017】以上の請求項4記載の発明では、フッ素を

含むメタン若しくはエタンの多ハロゲン化誘導体のガス、空気又は炭酸ガスが第二の内部空間に充填されているため、第二の内部空間の熱伝導率が非常に低い。そのため、第二の内部空間において熱が吸熱されず、また、熱が第一の内部空間から第二の内部空間を通過して伝導し難い。従って、加熱手段の熱は第一の内部空間の加熱に対して、結局のところ改質原料への加熱に対して効率よく用いられる。

【0018】請求項5記載の発明は、請求項1から3のいずれかに記載の加熱装置において、前記第二の内部空間がほぼ真空となっていることを特徴としている。

【0019】以上の請求項5記載の発明では、第二の内部空間がほぼ真空となっているため、第二の内部空間の熱伝導率が非常に低い。そのため、第二の内部空間において熱が吸熱されず、また、熱が第一の内部空間から第二の内部空間を通過して伝導し難い。従って、加熱手段の熱は第一の内部空間の加熱に対して、結局のところ改質原料への加熱に対して効率よく用いられる。

【0020】請求項6記載の発明は、例えば図7に示すように、請求項1から5のいずれかに記載の加熱装置において、前記第二の内部空間を形成する内面に鏡面（例えば、蒸着膜75）が形成されていることを特徴としている。

【0021】以上の請求項6記載の発明では、加熱手段によって第一の内部空間が加熱されることで、改質原料及び本体も加熱される。第一の内部空間を囲む部分における本体の熱は、電磁波として第二の内部空間を通過して熱放射してしまうが、第二の内部空間の内面に鏡面が形成されているため、第一の内部空間を囲む部分における本体へと電磁波が反射する。そのため、熱放射が抑えられ、加熱手段から生じる熱エネルギーは改質原料の加熱に効率よく用いられる。

【0022】請求項7記載の発明は、例えば図5、図12又は図13に示すように、請求項1から6のいずれかに記載の加熱装置（例えば、マイクロ蒸発器50、マイクロ回分反応器151又はマイクロ連続槽反応器251）において、液状の改質原料を前記第一の内部空間に供給する供給手段（例えば、燃料供給手段59、第一マイクロバルブ155又は燃料供給手段255）を備え、供給された改質原料を前記加熱手段によって加熱することにより前記第一の内部空間で蒸発させることを特徴としている。

【0023】以上の請求項7記載の発明では、供給手段により液状の改質原料が第一の内部空間に供給されるが、加熱手段によって第一の内部空間が加熱されることで、液状の改質原料も加熱されて、第一の内部空間内で改質原料が蒸発する。第一の内部空間の近傍に第二の内部空間が設けられているから、加熱手段から生じる熱エネルギーは改質原料の加熱に効率よく用いられる。従って、液状の改質原料が効率よく蒸発する。

【0024】請求項8記載の発明に係る改質装置は、例えば図12又は図13に示すように、請求項7記載の加熱装置と、前記内部空間に設けられる改質触媒（例えば、改質触媒167又は267）と、を備え、蒸発した改質原料を前記改質触媒によって前記内部空間で改質することで水素を生成することを特徴としている。

【0025】以上の請求項8記載の発明では、加熱手段によって第一の内部空間が加熱されることで、蒸発した改質原料も加熱される。また、蒸発した改質原料は、改質触媒に促進されて水素に改質される。第一の内部空間の近傍に第二の内部空間が設けられているから、加熱手段から生じる熱エネルギーは蒸発した改質原料の加熱に効率よく用いられる。従って、改質に係る反応速度が向上する。

【0026】請求項9記載の発明に係る改質装置は、例えば図4及び図7若しくは図9に示すように、請求項1から6のいずれかに記載の加熱装置と、液状の改質原料を蒸発させるとともに前記第一の内部空間に通ずる蒸発部（例えば、マイクロ蒸発器50）と、前記第一の内部空間内に設けられる改質触媒（例えば、改質触媒79又は改質触媒96）と、を備え、前記蒸発部において蒸発した改質原料を前記改質触媒によって前記第一の内部空間内で改質することで水素を生成することを特徴としている。

【0027】以上の請求項9記載の発明では、蒸発部と第一の内部空間が通じているから、蒸発部において改質原料が蒸発すると、蒸発した改質原料が第一の内部空間へと流れる。また、加熱手段によって第一の内部空間が加熱されることで、蒸発した改質原料も加熱される。また、蒸発した改質原料は、改質触媒に促進されて水素に改質される。第一の内部空間の近傍に第二の内部空間が設けられているから、加熱手段から生じる熱エネルギーは蒸発した改質原料の加熱に効率よく用いられる。従って、改質に係る反応速度が向上する。

【0028】請求項10記載の発明に係る燃料電池システムは、例えば図2に示すように、請求項8又は9記載の改質装置（例えば、マイクロリアクタ5）と、酸素と前記改質装置によって生成された水素とを反応させて発電を行う燃料電池（例えば、主発電部6）と、を備える。

【0029】

【発明の実施の形態】以下に、本発明に係る加熱装置、改質装置及び燃料電池システムについて、図面を用いて具体的な態様を説明する。ただし、発明の範囲を図示例に限定するものではない。

【0030】〔第一の実施の形態〕図1(a)、(b)には、本発明に係る燃料電池システムを円筒電池に適用した場合の外観の一例が示されており、図1(c)には、化学電池を汎用円筒電池に適用した場合の外観が示されている。また、図2には、本発明に係る燃料電池シ

システムの基本構成を示す機能ブロック図が示されている。

【0031】図1(a)、(b)及び図2に示すように、燃料電池システム1は、大別して、燃料を含有する混合液(即ち、改質原料)が封入された燃料バック2と、燃料バック2から供給される混合液に基づいて発電を行うための発電モジュール3とを備えており、外部の負荷34に電力を供給するものであり、基本的には負荷34に対して着脱自在である。

【0032】燃料バック2は、密閉性の高い燃料貯蔵容器であり、発電モジュール3に対して着脱自在に結合された構成となっている。なお、燃料バック2は、発電モジュール3に対して一体的に結合された構成であっても良い。

【0033】この例では、燃料バック2に負極2aが設けられているとともに発電モジュール3に正極3aが設けられているが、逆に、燃料バック2に負極が設けられるとともに発電モジュール3に正極が設けられていても良い。

【0034】そして、燃料バック2が発電モジュール3に結合された状態における外形寸法(例えば、長さLa、直径Da)が、日本工業規格(JIS)で規格化された汎用の化学電池100(例えば単三型)の外形寸法(例えば、長さLp、直径Dp)と略同等になっている。

【0035】まず、燃料バック2について詳細に説明する。燃料バック2に対して人為的な過熱・焼却処理或いは薬品・化学処理等が行われた場合であっても、有機塩素化合物(例えば、ダイオキシン類;ポリ塩化ジベンゾパラジオキシン、ポリ塩化ジベンゾフラン)、塩化水素ガス若しくは重金属等の有害物質及び環境汚染物質の発生が少ない材料により燃料バック2が構成されている。例えば、燃料バック2は、生分解性或いは光分解性のプラスチックにより構成されており、具体的には、石油系原料から合成される脂肪族系の有機化合物を含む高分子材料、又はトウモロコシ若しくはサトウキビ等の植物系原料から抽出されるでんぷん若しくはポリ乳酸からなる高分子材料等により構成されている。

【0036】また、燃料電池システム1に用いられる燃料は、その燃料を含有する混合液の封入された燃料バック2が自然界に投棄又は埋め立て処理されてその混合液が大気中、土壌中或いは水中に漏れ出した場合であっても、自然環境に対して汚染物質とならないような燃料である。更に、燃料電池システム1に用いられる燃料は、発電モジュールにおいて高いエネルギー変換効率で電気エネルギーを生成することができる燃料である。具体的には、燃料は、メタノール( $\text{CH}_3\text{OH}$ )若しくはエタノール( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )等のアルコール類又はガソリン等の液体燃料である。本実施の形態では、燃料バック2に封入された混合液は、メタノール及び水( $\text{H}_2\text{O}$ )の

場合、互いに等しいモル比で均一に混合されたものである方が望ましいが、メタノールのモル比が高くてよい。燃料バック2内には、封入された混合液を毛细管現象により副発電部4及びマイクロリアクタ5に自動的に送出する送出管(図示せず)及び後述する主発電部6で生成される副生成物のうちの水を回収する回収管(図示せず)が設けられている。

【0037】このような構成を有する燃料バック2及び混合液によれば、燃料バック2を含む燃料電池システム1が自然界に投棄され、埋め立て処理され、焼却処分され、又は薬品処理された場合等であっても、自然環境に対して大気、土壌又は水質の汚染等の悪影響を自然に対して及ぼすことを、汎用の化学電池に比較して大幅に抑制することができる。更に、環境ホルモンの生成等の悪影響を人体に対して及ぼすことも大幅に抑制することができる。

【0038】また、燃料バック2が発電モジュール3に対して着脱可能であることによって、封入された混合液の残量がなくなった、又は減った場合には、燃料バック2への混合液の補充、又は新たな燃料バックへの交換を行うことができる。そのため、燃料バック2及び発電モジュール3の廃棄量を大幅に削減することができる。更に、仮に、使用済みの燃料バック2が投棄された場合であっても、自然環境への悪影響が大幅に削減される。

【0039】次に、発電モジュール3について説明する。図2に示すように、発電モジュール3は、発電モジュール3の各構成の動作電源となる電気エネルギーを発生するための副発電部4と、燃料バック2から供給される混合液を改質するためのマイクロリアクタ5と、マイクロリアクタ5により改質された燃料を用いて駆動電力となる電気エネルギーを発生し、外部の負荷34に対して電力を供給するための主発電部6と、主発電部6を起動させることを検知するための起動検知部7と、主発電部6により発生された電力を検知するための電力検知部8と、発電モジュール3の各構成を制御するための制御部9とを備える。

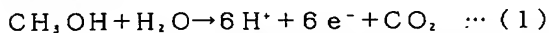
【0040】副発電部4は、燃料バック2から供給される混合液を用いて電気化学反応によって電気エネルギーを発生し、発電モジュール3の他の構成(例えば、制御部9及びマイクロリアクタ5等)に電力を供給するとともにメイン機能がオフ時の負荷34に待機電力を供給するものである。

【0041】図3には、副発電部4の一例が示されている。この副発電部4は、燃料直接供給方式を採用した固体高分子型の燃料電池である。即ち、副発電部4は、所定の触媒微粒子が付着された炭素電極からなる燃料極41と、所定の触媒が付着された炭素電極からなる空気極42と、燃料極41と空気極42との間に介装されたイオン導電膜43とを有して構成されている。燃料バック2に封入された混合液が直接供給され、空気極42には

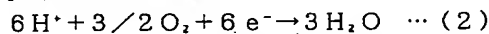


大気中の酸素ガス ( $O_2$ ) が供給される。

【0042】具体的には、混合液に含まれるメタノール ( $CH_3OH$ ) 及び水 ( $H_2O$ ) が燃料極41に直接供給されると、次の化学反応式(1)に示すように、触媒反応により電子 ( $e^-$ ) が分離して、水素イオン (プロトン;  $H^+$ ) が発生する。そして、水素イオンがイオン導電膜43を介して空気極42側に通過するとともに、燃料極41を構成する炭素電極により電子 ( $e^-$ ) が取り出されて、制御部9及びマイクロリアクタ5等に電子が供給される。



【0043】一方、空気極42に空気が供給されることにより、次の化学反応式(2)に示すように、触媒により制御部9及びマイクロリアクタ5等を経由した電子 ( $e^-$ ) とイオン導電膜43を通過した水素イオン ( $H^+$ ) と空気中の酸素 ( $O_2$ ) とが反応して水 ( $H_2O$ ) が生成される。



生成された水は、回収管を介し燃料バック2内の所定の回収手段に回収される。

【0044】このような一連の電気化学反応 ((1) 式及び(2) 式) は、概ね室温程度の比較的低温度の環境下で進行する。したがって副発電部4はヒータ等の加熱手段がなくても化学反応が進行するので、装着された燃料バック2内に蓄積された燃料が完全に消費されるまで或いは燃料バック2を発電モジュール3から取り外すまで、主発電部6の駆動の有無にかかわらず毛細管現象により燃料が供給され続け、その間常時発電しているように設定されている。

【0045】次に、マイクロリアクタ5について説明する。図4に示すように、マイクロリアクタ5は、混合液 (即ち、メタノール及び水) を加熱して蒸発させるマイクロ蒸発器50と、メタノールガス及び水蒸気を加熱して水素ガス ( $H_2$ ) と二酸化炭素ガス ( $CO_2$ ) に改質するためのマイクロ改質反応器51と、マイクロ改質反応器51で微量に発生した一酸化炭素 ( $CO$ ) の濃度を水性シフト反応により低濃度にするための水性シフト反応器52と、マイクロ改質反応器51で微量に発生した一酸化炭素を選択酸化反応により無害な物質に化学変化するための選択酸化反応器53と、水性シフト反応器52及び選択酸化反応器53の各反応により生じる熱を放熱するための放熱フィン54とを備えている。

【0046】マイクロ蒸発器50は、以下のように構成されている。図5には、マイクロ蒸発器50の断面が示されている。図5に示すように、マイクロ蒸発器50は、基本構成として、上基板55と、中基板56と、下基板57と、薄膜ヒータ58と、燃料供給手段59とを備えている。上基板55、中基板56及び下基板57は、重なって接合された積層構造となり、マイクロ蒸発器50の本体をなっている。

10

20

30

40

50

【0047】下基板57はガラスで形成された基板であり、その熱伝導率は概ね  $1.3 [W/m \cdot K]$  である。下基板57の上面には、空洞60を構成するための凹部57aが、半導体製造技術 (例えば、エッチング) を適用して形成されている。凹部57aの表面にはアルミ或いは銀などの膜65が蒸着によって形成されており、膜65によって凹部57aの表面が鏡面となっている。この凹部57aを覆うようにして、薄膜ヒータ58が下基板57の上面に設けられている。そして、下基板57及び薄膜ヒータ58に囲まれた内部空間となる空洞60が形成され、熱を伝搬する媒体が少ない空洞60での下基板57への熱伝搬の抑制に加え、薄膜ヒータ58からの輻射熱を膜65で反射することにより下基板57への熱拡散を抑制し、より効率よく中基板56及び蒸発室63内の空間を加熱して水素生成を促進する構造となっている。薄膜ヒータ58は電気的な抵抗体 (例えば、 $TaSiO_xN$  又は  $TaSiO_xNH$ ) で構成され、薄膜ヒータ58には副発電部4にて発電された電力が配線61を介して供給されており、薄膜ヒータ58は電力により発熱するものである。更に、薄膜ヒータ58及び配線61上に、酸化シリコン ( $SiO_x$ ) 又は窒化シリコン ( $Si_3N_4$ ) で形成された絶縁膜62が被膜されている。

【0048】中基板56は、単結晶シリコンで形成された基板であり、その熱伝導率は概ね  $105 [W/m \cdot K]$  であり、少なくとも下基板57及び後述する上基板55よりも熱伝導率の高い部材で構成される。中基板56の下面には、蒸発室63を構成するための凹部56aがサンドブラスト法によって形成されている。凹部56aが薄膜ヒータ58及び空洞60に対向するようにして、中基板56が絶縁膜62を介して下基板57に接合されている。これにより、中基板56及び絶縁膜62に囲まれた内部空間となる蒸発室63が形成される。

【0049】上基板55はガラスで形成された基板であり、その熱伝導率は概ね  $1.3 [W/m \cdot K]$  である。上基板55の下面には、空洞64を構成するための凹部55aが、半導体製造技術を適用して形成されている。凹部57aの表面にはアルミ或いは銀等の蒸着膜66が形成されており、蒸着膜66によって凹部57aの表面が鏡面となっている。凹部57aが蒸発室63に対向するようにして、上基板55が中基板56に接合されている。これにより、上基板55及び中基板56に囲まれた内部空間となる空洞64が形成されている。

【0050】空洞60及び空洞64には、空気 (熱伝導率  $0.036 [W/m \cdot K]$ ) 或いは炭酸ガス ( $CO_2$ , 熱伝導率  $0.017 [W/m \cdot K]$ ) 等の気体が充填されている。なお、空気又は炭酸ガスに代えて、ガス状のフロン (デュボン社製) が空洞60及び空洞64に充填されていても良い。フロンとは、フッ素を含むメタン若しくはエタンの多ハロゲン化誘導体であって、例えば、ジクロロジフルオロメタン ( $CCl_2F_2$ 、

フロン12、熱伝導率0.010[W/m・K])クロロフルオロメタン(CHClF<sub>2</sub>、フロン22、熱伝導率0.011[W/m・K])等である。また、空洞60及び空洞64は、常圧より減圧された真空状態であっても良い。

【0051】更に、中基板56には、燃料バック2に封入された混合液を蒸発室63内に供給するための燃料供給手段59が設けられている。この燃料供給手段59は、サーマルジェット方式の液滴噴射装置(例えば、いわゆるプリンタのインクジェットヘッドを適用したものである。)であり、燃料バック2からの混合液が供給されるノズルと、ノズル内の混合液を加熱する発熱体とを基本構成としている。このように構成される燃料供給手段59では、副発電部4にて発電された電力が発熱体に供給されると、ノズル内の混合液が発熱体によって加熱されて、ノズル内の混合液に気泡が発生する。これにより、ノズル内の圧力が上昇し、ノズルの先端に形成されたノズル孔から混合液の液滴が薄膜ヒータ58に向けて噴射される。

【0052】更に、上記中基板56及び上基板55には、蒸発室63からマイクロ改質反応器51へと通ずる排出路67が形成されている。

【0053】以上のように構成されるマイクロ蒸発器50では、燃料供給手段59が蒸気室63の下側の壁部に向けて、混合液の液滴を噴射する。そして、薄膜ヒータ58が絶縁膜62及び混合液の液滴を加熱すると、混合液が蒸発する(即ち、気化する)。混合液が気化することによって蒸発室63の圧力が上昇し、混合液の気化したガス(メタノールガス及び水蒸気が混合したガス、以下原料ガスと述べる。)が圧力によって蒸発室63から排出路67へと流れる。

【0054】以上のように、中基板56が、上基板55及び下基板57より熱伝導率の高いシリコンで形成されているため、薄膜ヒータ58にて生じた熱エネルギーは、中基板56へと熱伝導する傾向となる。従って、薄膜ヒータ58にて生じた熱エネルギーは、中基板56、蒸発室63及び蒸発室63内の混合液を加熱するために主に用いられる。更に、中基板56に隣接して、空洞60及び空洞64が形成されているため、中基板56に伝導した熱エネルギーは上基板55及び下基板57に熱伝導し難くなる。特に、空洞60及び空洞64に充填される気体が、空気、炭酸ガス或いはフロンである場合、その気体の熱伝導率は中基板56と比較しても小さい。一方、空洞60及び空洞64が真空封止されているなら、熱伝搬を行う媒体である空気等の単位体積当たりの量が少ないので、空洞60及び空洞64での熱伝導性は気体や中基板56に比較しても非常に小さい。そのため、薄膜ヒータ58にて生じた熱エネルギーは、空洞60及び空洞64にほとんど伝導せず、中基板56を加熱すること及び蒸発室63内の混合液を加熱して蒸発させ

ることに消費される。

【0055】また、熱エネルギーによる電磁波が、薄膜ヒータ58或いは中基板56から空洞60を介して下基板57へと熱放射するようになるが、空洞60の表面に鏡面の膜65が形成されているため、電磁波が膜65にて反射する。これにより、中基板56から下基板57への熱放射が抑えられる。同様に、空洞64の表面に鏡面の蒸着膜66が形成されているため、中基板56から上基板55への熱放射が抑えられる。

【0056】従って、薄膜ヒータ58にて生じた熱エネルギーは、中基板56を加熱すること、結局のところ蒸発室63内の混合液を加熱して蒸発させることに主に用いられるようになる。このように、蒸発室63の近傍に空洞60及び空洞64が形成されているため、薄膜ヒータ58の熱エネルギーの損失を抑えることができる。薄膜ヒータ58の熱エネルギー損失が抑えられることで、薄膜ヒータ58が発熱するための電力の消費量、言い換えれば、副発電部4にて消費される混合液の消費量を抑えることができる。

【0057】なお、上記マイクロ蒸発器50では、三枚の基板に蒸発室63、空洞60及び空洞64が設けられているが、一枚の基板に蒸発室63、空洞60及び空洞64が設けられているとともに、空洞60或いは空洞64と蒸発室63との間に薄膜ヒータ58が設けられている場合でも同様に、薄膜ヒータ58の熱エネルギーの損失を抑えることができる。

【0058】次に、マイクロ改質反応器51について、図6を参照して説明する。図6に示すように、マイクロ改質反応器51には、葛折りとなったマイクロ流路68が設けられている。図7には、図6のA-A断面が示されている。図7に示すように、マイクロ改質反応器51は、上基板69と、中基板70と、下基板71とを備えている。上基板69、中基板70及び下基板71は、重なって接合された積層構造となり、マイクロ改質反応器51の本体となっている。下基板71はガラスで形成された基板である。下基板71の上面には、空洞74を構成するための凹部71aが形成されている。凹部71aの表面にはアルミ或いは銀などの蒸着膜75が蒸着によって形成されており、蒸着膜75によって凹部71aの表面が鏡面となっている。この凹部71aを覆うようにして、薄膜ヒータ76が下基板71の上面に設けられている。これにより、下基板71及び薄膜ヒータ76に囲まれた空間となる空洞74が形成される。薄膜ヒータ76は電気的な抵抗(例えば、TaSiO<sub>x</sub>N又はTaSiO<sub>x</sub>NH)で構成され、薄膜ヒータ76には副発電部4にて発電された電力が配線77を介して供給されており、薄膜ヒータ76は電力により発熱するものである。更に、薄膜ヒータ76及び配線77上に、酸化シリコン又は窒化シリコンで形成された絶縁膜78が被膜されている。



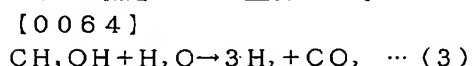
【0059】中基板70は、単結晶シリコンで形成された基板であり、少なくとも上基板69及び下基板71よりも熱伝導率の高い部材で構成される。中基板70の下面には、マイクロ流路68を構成するための溝70aがフォトリソマスクを用いたサンドブラスト法によって形成されており、溝70aは葛折りとなって形成されている。溝70aの表面には、改質触媒79が形成されている。改質触媒79は、メタノール及び水に対して化学反応を促進する作用を有し、メタノール及び水から水素及び二酸化炭素を生成する機能を有するものである。

【0060】溝70aが薄膜ヒータ76及び空洞74に対向するようにして、中基板70が絶縁膜78を介して下基板71に接合されている。これにより、溝70aによるマイクロ流路68が形成される。このマイクロ流路68は、中基板70及び絶縁膜78に囲まれた空間である。また、マイクロ流路68の一端部は、マイクロ蒸発器50の排出路67に通じており、マイクロ流路68の他端部は、水性シフト反応器52に通じている。マイクロ流路68（即ち、溝70a）の断面幅Wは、改質触媒79が被膜された状態で100〔μm〕以下であるのが望ましく、マイクロ流路68の断面深さDは、改質触媒79が被膜された状態で500〔μm〕以下であるのが望ましい。このマイクロ流路68は、薄膜ヒータ76が発熱することによって加熱される。

【0061】上基板69はガラスで形成された基板である。上基板69の下面には、空洞72を構成するための凹部69aが形成されている。凹部69aの表面にはアルミ或いは銀等の蒸着膜73が形成されており、蒸着膜73によって凹部69aの表面が鏡面となっている。凹部69aがマイクロ流路68に対向するようにして、上基板69が中基板70に接合されている。これにより、上基板69及び中基板70に囲まれた空間となる空洞72が形成されている。

【0062】空洞72及び空洞74には、空気或いは炭酸ガス等の気体が充填されている。なお、空気或いは炭酸ガスに代えて、ガス状のフロンが空洞72及び空洞74に充填されていても良い。また、空洞72及び空洞74は、真空封止されていても良い。

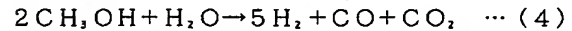
【0063】以上のように構成されるマイクロ改質反応器51では、マイクロ蒸発器50において気化した原料ガス（即ち、メタノールガス及び水蒸気）が排出路67（図5に図示）を流れて、マイクロ流路68へと流れてくる。そして、原料ガスがマイクロ流路68を流れている間に、原料ガスは次の化学反応式（3）に示すような水蒸気改質反応をして、水素ガス及び二酸化炭素ガスがマイクロ流路68にて生成される。



上記水蒸気改質反応は吸熱反応であり、原料ガスが薄膜ヒータ76により加熱されることによって、また、改質

触媒79によって促進される。

【0065】なお、すべての原料ガスが上述の反応をするのではなく、微量の原料ガスが次の化学反応式（4）に示すような反応をし、微量ながら一酸化炭素ガスが生成される。



【0066】生成されたガス（即ち、水素ガス、二酸化炭素及び一酸化炭素等）は水性シフト反応器52へと排出される。

【0067】以上のように、中基板70が、上基板69及び下基板71より熱伝導率の高いシリコンで形成されているため、薄膜ヒータ76にて生じた熱エネルギーは、中基板70へと熱伝導する傾向となる。従って、薄膜ヒータ76にて生じた熱エネルギーは、中基板70、マイクロ流路68及びマイクロ流路68内の原料ガスを加熱するために用いられる。更に、中基板70に隣接して、空洞72及び空洞74が形成されているため、中基板70に伝導した熱エネルギーは上基板69及び下基板71に熱伝導し難くなる。従って、薄膜ヒータ76にて生じた熱エネルギーは、中基板70を加熱すること、即ちマイクロ流路68内の原料ガスを加熱して改質することに主に用いられるようになる。そのため、改質に係る反応速度が向上するとともに、薄膜ヒータ76の熱エネルギーの損失が抑えることができる。

【0068】また、薄膜ヒータ76或いは中基板70から発せられる電磁波が空洞74に向けて発せられるが、電磁波が蒸着膜66にて反射する。そのため、薄膜ヒータ76或いは中基板70から下基板71への熱放射が抑えられる。同様に、空洞64の表面に鏡面の蒸着膜66が形成されているため、中基板70から上基板69への熱放射が抑えられる。従って、薄膜ヒータ76にて生じた熱エネルギーは、中基板70を加熱すること、即ちマイクロ流路68内の原料ガスを加熱して改質することに主に消費される。このため、薄膜ヒータ76の熱エネルギーの損失が抑えることができる。

【0069】なお、図7に示すようなマイクロ改質反応器51に代えて、図8に示すようなマイクロ改質反応器90であっても良く、このマイクロ改質反応器90においてもマイクロ改質反応器51と同様の効果を奏する。

【0070】図8に示すように、マイクロ改質反応器90は、上基板91と、中基板92と、下基板93とを備える。上基板91、中基板92及び下基板93は、重なって接合された積層構造となり、マイクロ改質反応器90の本体となっている。下基板93はガラスで形成された基板である。下基板93の上面には、空洞94を構成するための凹部93aが形成されている。

【0071】中基板92は、単結晶シリコンで形成された基板であり、少なくとも上基板91及び下基板93よりも熱伝導率の高い部材で構成される。中基板92には、葛折りとなったマイクロ流路95を構成するための

溝92cが形成されている。溝92cは中基板92を上下に貫通している。中基板92の下面には薄膜ヒータ97が設けられている。薄膜ヒータ97は、溝92cに沿って設けられており、溝92cの下部を塞いでいる。そして、溝92cの内面及び薄膜ヒータ97の上面に改質触媒96が形成されている。改質触媒96は、メタノール及び水に対して化学反応を促進する作用を有し、メタノール及び水から水素ガス及び二酸化炭素ガスを生成する機能を有するものである。マイクロ流路95の断面幅は、改質触媒96が被膜された状態で100〔μm〕以下であるのが望ましく、マイクロ流路95の断面深さは、改質触媒96が被膜された状態で500〔μm〕以下であるのが望ましい。

【0072】溝92cの両脇には、溝92cに沿って凹部92a、92bが中基板92の下面に形成されている。そして、薄膜ヒータ97が下基板93の凹部93aの底面に対向するようにして、また薄膜ヒータ97が凹部93aに沿うようにして、中基板92が下基板93に接合されている。これにより、断面視してコ字状の空洞94が、溝92cに沿うようにして、かつ、溝92cを囲むようにして、中基板92及び下基板93に形成される。

【0073】空洞94の面（主に、溝92cに向いた面）には、蒸着膜98が形成されており、蒸着膜98によって空洞94の面が鏡面となっている。空洞94には、空気或いは炭酸ガス等の気体が充填されている。なお、空気或いは炭酸ガスに代えて、ガス状のフロンが空洞94に充填されていても良い。また、空洞94は、真空封止されていても良い。

【0074】上基板91はガラスで形成された基板である。そして、上基板91が中基板92に接合することにより、溝92cの上部が上基板91によって塞がれる。これにより、溝92cによるマイクロ流路95が形成される。なお、マイクロ流路95内は、薄膜ヒータ97が発熱することによって加熱される。

【0075】断面視してコ字状の空洞94がマイクロ流路95を囲むようにして形成されるため、薄膜ヒータ97で発生された熱エネルギーは、マイクロ流路95以外に伝導し難くなる。そのため、薄膜ヒータ97の熱エネルギーの損失が更に抑えられる。

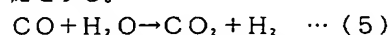
【0076】以上のように構成されるマイクロ改質反応器90では、マイクロ蒸発器50において気化した原料ガス（即ち、メタノールガス及び水蒸気）が排出路67（図5に図示）を流れて、マイクロ流路95へと流れてくる。そして、原料ガスがマイクロ流路95を流れている間に、原料ガスは薄膜ヒータ97によって加熱されることで、また改質触媒96に促進されて、上記化学反応式（3）及び上記化学反応式（4）に示すような反応をする。これにより、原料ガスは、水素ガス、二酸化炭素ガスに改質され、加えて微量の一酸化炭素ガスになる。

【0077】次に、水性シフト反応器52及び選択酸化反応器53について、図9に示される断面図を参照して説明する。水性シフト反応器52及び選択酸化反応器53には、葛折りとなったマイクロ流路80が設けられている。また、水性シフト反応器52及び選択酸化反応器53は一体となっており、具体的には以下のように構成されている。

【0078】即ち、水性シフト反応器52及び選択酸化反応器53は、上基板81と下基板82とを重ねて接合した積層構造となっている。上基板81には、マイクロ流路80を構成するための溝81aが形成されている。上基板81に下基板82が接合されることによって、溝81aによるマイクロ流路80が形成される。また、水性シフト反応器52側のマイクロ流路80の端部が、マイクロ改質反応器51のマイクロ流路68の他端部に通じている。そして、マイクロ改質反応器51にて生成されたガス（即ち、水素、一酸化炭素及び二酸化炭素等）は、マイクロ流路80へと流れるようになっている。また、マイクロ流路80の他方の端部は、後述する主発電部6の燃料極31（図10に図示）に通じており、マイクロ改質反応器51にて生成されたガスがマイクロ流路80を流れて、燃料極31へと流れるようになっている。更に、上基板81に放熱フィン54が設けられており、マイクロ流路80で一酸化炭素の化学反応に伴い発生する熱が放熱フィン54によって放熱されるようになっている。

【0079】水性シフト反応器52の溝81aには、水性シフト反応用触媒83が形成されており、選択酸化反応器53の溝81aには、選択酸化反応用触媒84が形成されている。水性シフト反応用触媒83は、一酸化炭素及び水に対して化学反応を促進する作用を有し、一酸化炭素及び水から水素及び二酸化炭素を生成する機能を有するものである。選択酸化反応用触媒84は、水素過剰条件において、水素より一酸化炭素を優先して酸化させる作用を有するものである。マイクロ流路80（即ち、溝81a）の断面幅wは、水性シフト反応用触媒83及び選択参加反応用触媒84が被膜された状態で100〔μm〕以下であるのが望ましく、マイクロ流路80の断面深さdは、水性シフト反応用触媒83及び選択酸化反応用触媒84が被膜された状態で500〔μm〕以下であるのが望ましい。

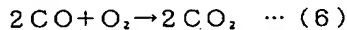
【0080】以上のように構成される水性シフト反応器52及び選択酸化反応器53の作用を説明する。マイクロ改質反応器51で生成されたガスがマイクロ流路80を通過している間に、水性シフト反応器52において、一酸化炭素が水性シフト反応用触媒83によって促進されて、次の化学反応式（5）に示すような水性シフト反応をする。



なお、マイクロ改質反応器51において未反応だった水

が、水性シフト反応における水として用いられることになる。

【0081】選択酸化反応器53においては、マイクロ流路80を通過するガスに含まれる一酸化炭素が選択酸化反応用触媒84によって選択されて、一酸化炭素が次の化学反応式(6)に示すような選択酸化反応をする。また、マイクロ流路80に選択酸化反応用触媒84が形成されているため、ガスに含まれる水素はほとんど酸化しない。



なお、大気中の酸素が、選択酸化反応における酸素として用いられる。

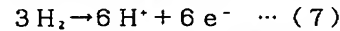
【0082】以上のように、マイクロ蒸発器50、マイクロ改質反応器51、水性シフト反応器52及び選択酸化反応器53から構成されるマイクロリアクタ5によれば、マイクロ改質反応器51において微量ながら一酸化炭素が生成されるが、水性シフト反応器52及び選択酸化反応器53において一酸化炭素が水素及び二酸化炭素に変換されるため、一酸化炭素がほとんど生成されない。水性シフト反応器52及び選択酸化反応器53のそれぞれの一方の流路を互いに直列に繋げたが、この際水性シフト反応器52及び選択酸化反応器53のそれぞれの一方の流路のいずれをマイクロ改質反応器51の出口側の流路に繋げてよく、またマイクロ改質反応器51の出口側の流路に対し水性シフト反応器52の一方の流路及び選択酸化反応器53の一方の流路を並列に繋げてよい。

【0083】次に、主発電部6について図10を参照して説明する。主発電部6は、燃料改質方式を採用した固体高分子型の燃料電池である。即ち、主発電部6は、白金或いは白金・ルテニウム等の触媒微粒子が付着した炭素電極からなる燃料極(即ち、カソード)31と、白金等の触媒微粒子が付着した炭素電極からなる空気極(即ち、アノード)32と、燃料極31と空気極32との間に介装されたフィルム状のイオン導電膜(即ち、交換膜)33とを有して構成されている。燃料極31が、図1に示す負極2aに接続されているとともに、空気極32が、図1に示す正極3aに接続されている。

【0084】ここで、燃料極31には、上記マイクロリアクタ5において生成された水素ガスが供給され、一方、空気極32には、大気中の酸素ガス( $\text{O}_2$ )が供給されることにより、主発電部6において電気化学反応により所定の電気エネルギーが生成(即ち、発電)され、負荷34に対しての駆動電力(即ち、電圧、電流及び電気エネルギー)が生成される。

【0085】具体的には、燃料極31に水素ガスが供給されると、次の化学反応式(7)に示すように、燃料極31に付着した触媒により電子の分離した水素イオンが発生し、イオン導電膜33を介して空気極32側に水素イオンが通過するとともに、燃料極31を構成する炭素

電極により電子が取り出されて負荷34に供給される。



【0086】一方、空気極32に酸素ガスが供給されると、上記化学反応式(2)に示すように、触媒により負荷34を経由した電子とイオン導電膜33を通過した水素イオンと空気中の酸素ガスとが反応して生成された水は、回収管を介し燃料バック2内の所定の回収手段に回収される。

【0087】主発電部6における電気化学反応は概ね60~80℃の比較的低温の温度条件で進行するため、燃料極31に僅かな一酸化炭素が供給された場合でも燃料極31に吸着被毒して活性が低下し易いが、マイクロリアクタ5において生成されるガスには一酸化炭素がほとんど含まれていないから燃料極31に吸着被毒しない。従って、長時間燃料電池システム1が使用された場合でも、主発電部6により発生する駆動電力の低下を招かない。

【0088】次に、起動検知部7、電力検知部8及び制御部9について説明する。起動検知部7、電力検知部8及び制御部9は、既存の半導体製造技術を適用することにより、数ミクロンオーダーにマイクロチップ化されたものである。

【0089】起動検知部7は、主発電部6を起動させる旨を検知するものであり、具体的には、主発電部6に負荷34が接続されたことを検知するセンサ(例えば、燃料電池システム1に対する負荷34の位置を検知する位置センサ等)又は、使用者等が負荷34の操作ボタン等を押下した時の負荷の容量変化に伴う電位の変化を検知するセンサである。そして、起動検知部7は、検知した場合に、検知した旨の信号を制御部9に出力するようになっている。

【0090】電力検知部8は、主発電部6において発生された駆動電力の値を検知するものであり、具体的には、主発電部6から負荷34に流れる電流の値を検知する電流計、又は、主発電部6から負荷34に負荷される電圧の値を検知する電圧計等である。そして、電力検知部8は、主発電部6において発生された駆動電力の値を示す信号を制御部9に出力するようになっている。

【0091】制御部9は、専用の論理回路或いは、CPU(central processing unit)等を有する演算処理装置であり、負荷34が待機状態からメイン機能の起動する状態へのシフトにともない変位する電位を燃料バック2の正極3a及び負極2aを介して検知した起動検知部7から入力される信号に基づいて主発電部6を起動させることを判定し、主発電部6を起動させると判定した場合に、マイクロリアクタ5に作動を指示する信号を出力するようになっている。具体的には、制御部9は、マイクロリアクタ5に設けられる燃料供給手段59に対して作動を指示する作動信号を出力するようになっている。これにより、燃料供給手段59が混合液を噴射(即ち、

供給)しはじめ、マイクロリアクタ5において水素ガスが生成されはじめ、主発電部6が起動して、主発電部6から駆動電力が発電される。一方、制御部9は、メイン機能が駆動している状態から待機状態へのシフトにともない変位する電位を燃料バック2の正極3a及び負極2aを介して検知した起動検知部7から入力される信号に基づいて主発電部6を停止すると判定した場合に、マイクロリアクタ5に停止を指示する停止信号を出力するようになっている。具体的には、制御部9は、マイクロリアクタ5に設けられる燃料供給手段59に対して停止を指示する停止信号を出力するようになっている。これにより、燃料供給手段59が混合液を噴射(即ち、供給)することを停止し、マイクロリアクタ5において水素ガスが発生されないため、主発電部6が停止し、主発電部6から駆動電力が発電されない。

【0092】更に、主発電部6が起動している場合に、制御部9は、電力検知部8から入力される信号に基づいて、主発電部6の駆動電力の値を判定し、判定した駆動電力の値に基づいてマイクロリアクタ5を制御するようになっている。これにより、マイクロリアクタ5から生成される水素ガスの生成量が調節される。即ち、制御部9は、マイクロリアクタ5に設けられる燃料供給手段59を制御する。これにより、燃料供給手段59から噴射される混合液の供給量(即ち、単位時間当たりの噴射量、例えば、燃料供給手段59が燃料を噴射するインターバル)が制御部9によって制御され、マイクロリアクタ5から生成される水素ガスの生成量が調整され、結果として主発電部6から発電される駆動電力(即ち、電圧、電位及び電気エネルギー)が調整される。具体的には、燃料供給手段59が一回混合液を噴射した後に次回に再び混合液を噴射するまでの時間的間隔を、制御部9が制御することによって、水素ガスの生成量が調整される。更に、制御部9は、電力検知部8から入力される信号に基づいて、主発電部6から発電される駆動電力等が一定になるように(例えば、負荷34に印加される電圧が一定の1.5[V]となるように)、燃料供給手段59を制御するようになっている。

【0093】即ち、以上の燃料電池システム1では、燃料供給手段59が設けられており、この燃料供給手段59から噴射される混合液の供給量が制御部9によって調整されることによって、水素ガスの生成量が容易に制御することができる。また、起動検知部7が検知した場合のみに、燃料供給手段59から混合液が噴射され、主発電部6から電力が発電されるため、電力を必要としないとき(例えば、負荷34が燃料電池システム1に接続されていないとき)には混合液が噴射されない。従って、主発電部6による混合液の浪費が抑えられる。

【0094】次に、上記燃料電池システム1の使用方法及び作用について説明する。まず、混合液が充填された燃料バック2を発電モジュール3に取り付ける。次に、

燃料バック2が取り付けられた状態の燃料電池システム1を負荷34に接続する。そして、起動検知部7において負荷34の起動状態を検知した場合に、マイクロリアクタ5で水素ガスが生成されて、主発電部6において駆動電力が発電される。これにより、駆動電力が負荷34に対して供給される。この際、制御部9が、マイクロリアクタ5から発生される水素ガスの量を調節することにより、主発電部6において発電される電力が調整される。

【0095】以上のような燃料電池システム1では、マイクロ蒸発器50及びマイクロ改質反応器51において熱エネルギーの損失が抑えられるため、混合液を蒸発させるため及び改質させるための消費熱エネルギーを抑えられる。そのため、燃料電池システム1全体では、電気エネルギーへのエネルギー変換効率が非常に良く、エネルギー利用効率の高い燃料電池システム1が提供される。

【0096】〔第二の実施の形態〕第二の実施の形態における燃料電池システムは、上記第一の実施の形態における燃料電池システム1とほぼ同一の構成をしているが、マイクロリアクタの構成が異なっている。従って、第二の実施の形態における燃料電池システムの構成については、第一の実施の形態における燃料電池システム1と異なる構成について主に説明する。

【0097】第二の実施の形態において、図11に示すように、第二の実施の形態におけるマイクロリアクタ5は、マイクロ蒸発器50及びマイクロ改質反応器51(図4等に図示)に代えて、混合液を加熱して蒸発させるととも、メタノールガス及び水蒸気を水素ガス( $H_2$ )及び二酸化炭素ガス( $CO_2$ )に改質するためのマイクロ回分反応器151を備えている。

【0098】マイクロ回分反応器151は、本発明に係る燃料加熱装置及び燃料改質装置が適用されたものである。図12に示すように、マイクロ回分反応器151は、基本構成として、上基板152と、中基板153と、下基板154と、第一マイクロバルブ155と、第二マイクロバルブ156と、薄膜ヒータ157とを有して構成されている。上基板152、中基板153及び下基板154は、重なって接合された積層構造となり、マイクロ回分反応器151の本体となっている。

【0099】下基板154はガラスで形成された基板である。下基板154の上面には、空洞162を構成するための凹部154aが形成されており、下基板154が凹部154aの壁部となる。凹部154aの表面にはアルミ或いは銀等の蒸着膜160が形成されており、蒸着膜160によって凹部154aの表面が鏡面となっている。凹部154aを覆うようにして、薄膜ヒータ157が下基板154の上面に設けられている。これにより、下基板154及び薄膜ヒータ157で囲まれた空間となる空洞162が形成される。薄膜ヒータ157は、電気

的な抵抗で構成され、薄膜ヒータ157には副発電部4にて発電された電力が配線158を介して供給されており、薄膜ヒータ157は電力によって発熱するものである。更に、薄膜ヒータ157及び配線158上に、酸化シリコン又は窒化シリコンで形成された絶縁膜159が被膜されている。

【0100】中基板153は、単結晶シリコンで形成された基板であり、少なくとも上基板152及び下基板154よりも熱伝導率の高い部材で構成される。中基板153の下面には、反応室164を構成するための凹部153aが形成されている。凹部153aの表面には、改質触媒167が形成されている。改質触媒167は、メタノール及び水に対して化学反応を促進する作用を有し、メタノール及び水から水素ガス及び二酸化炭素ガスを生成する機能を有するものである。

【0101】凹部153aが薄膜ヒータ157及び空洞162に対向するようにして、中基板153が絶縁膜159を介して下基板154に接合されている。これにより、中基板153及び絶縁膜159に囲まれた空間となる反応室164が形成される。

【0102】上基板152はガラスで形成された基板である。上基板152の下面には、空洞163を構成するための凹部152aが形成されている。凹部152aの表面にはアルミ或いは銀等の蒸着膜161が形成されており、蒸着膜161によって凹部152aの表面が鏡面となっている。凹部152aが反応室164に対向するようにして、上基板152が中基板153に接合されている。これにより、上基板152及び中基板153に囲まれた空間となる空洞163が形成されている。

【0103】空洞162及び空洞163には、空気、炭酸ガス、ガス状のフロン等の気体が充填されていても良い。また、空洞162及び空洞は、真空封止されていても良い。

【0104】また、中基板153には、燃料バック2から反応室164まで通ずる吸入路165が設けられている。また、中基板153及び上基板152には、反応室164から水性シフト反応器52のマイクロ流路80まで通じる排出路166が設けられている。吸入路165には第一マイクロバルブ155が設けられており、排出路166には第二マイクロバルブ156が設けられている。第一マイクロバルブ155は吸入路165を開閉するものであり、第二マイクロバルブ156は排出路166を開閉するものである。第一マイクロバルブ155及び第二マイクロバルブ156は、副発電部4で発電された電力によって開閉動作するようになっており、制御部9によって開閉動作を制御されるようになっている。

【0105】次に、マイクロ回分反応器151の作用について説明する。まず、制御部9が第二マイクロバルブ156を制御することによって、第二マイクロバルブ156が開動作して、排出路166が塞がれる。そして、

制御部9が第一マイクロバルブ155を制御することによって、第一マイクロバルブ155が開動作する。第一マイクロバルブ155が開動作することによって、混合液が燃料バック2から反応室164内に供給される。所定量の混合液が反応室164内に供給されたら（或いは、所定時間経過したら）、制御部9が第一マイクロバルブ155を制御することによって、第一マイクロバルブ155が開動作する。

【0106】そして、発熱している薄膜ヒータ157が、絶縁膜159及び反応室164に供給された混合液を加熱すると、混合液が気化してガス状になる。そして、原料ガス（即ち、メタノールガス及び水蒸気）が薄膜ヒータ157によって加熱されることで、また改質触媒167に促進されることで、原料ガスは上記化学反応式（3）及び上記化学反応式（4）に示すような反応する。こうして、原料ガスが改質されて、水素ガス、二酸化炭素ガス及び微量の一酸化炭素ガスが生成される。また、混合液が気化したり、原料ガスから水素ガス、二酸化炭素ガス及び一酸化炭素ガスが生成されることによって、反応室164内の圧力が上昇する。

【0107】そして、第一マイクロバルブ155が開動作してから所定時間経過後、制御部9が第二マイクロバルブ156を制御することによって、第二マイクロバルブ156が開動作する。第二マイクロバルブ156が開くと、生成されたガスは反応室164内の圧力によって排出路166へと流れて、水性シフト反応器52のマイクロ流路80へと流れる。

【0108】その後同様に、第一マイクロバルブ155及び第二マイクロバルブ156が開閉動作を繰り返すことによって、断続的に生成ガスが水性シフト反応器52のマイクロ流路80へと流れる。

【0109】以上のマイクロ回分反応器151では、中基板153が、上基板152及び下基板154より熱伝導率の高いシリコンで形成されているため、薄膜ヒータ157にて生じた熱エネルギーは、中基板153へと熱伝導する傾向となる。更に、中基板153に隣接して、空洞163及び空洞162が形成されているため、中基板153に伝導した熱エネルギーは上基板152及び下基板154に熱伝導し難くなる。従って、薄膜ヒータ157にて生じた熱エネルギーは、中基板153を加熱すること、即ち反応室164内の混合液を加熱して蒸発させること及び原料ガスを加熱して改質することに主に用いられるようになる。そのため、薄膜ヒータ157の熱エネルギーの損失が抑えることができる。薄膜ヒータ157の熱エネルギー損失が抑えられることで、薄膜ヒータ157が発熱するための電力の消費量、言い換えれば、副発電部4にて消費される混合液の消費量を抑えることができる。

【0110】また、薄膜ヒータ157或いは中基板153から発せられる電磁波が空洞162に向けて発せられ



るが、電磁波が蒸着膜160にて反射する。そのため、薄膜ヒータ157或いは中基板153から下基板154への熱放射が抑えられる。同様に、空洞163の表面に鏡面の蒸着膜161が形成されているため、中基板153から上基板152への熱放射が抑えられる。従って、薄膜ヒータ157にて生じた熱エネルギーは、中基板70を加熱すること、反応室164内の混合液を加熱して蒸発させること及び反応室164の原料ガスを加熱して改質することに消費される。そのため、薄膜ヒータ157の熱エネルギーの損失が抑えられ、副発電部4にて消費される混合液の消費量を抑えることができる。

【0111】第三の実施の形態 第三の実施の形態における燃料電池システムは、上記第一或いは第二の実施の形態における燃料電池システム1とほぼ同一の構成をしているが、マイクロリアクタの構成が異なっている。従って、第三の実施の形態における燃料電池システムの構成については、第一或いは第二の実施の形態における燃料電池システム1と異なる構成について主に説明する。

【0112】第三の実施の形態において、マイクロリアクタ5は、図12に示すマイクロ回分反応器151に代えて、図13に示すようなマイクロ連続槽反応器251を備えている。マイクロ連続槽反応器251は、混合液を加熱して蒸発させるとともに、メタノールガス及び水蒸気を水素ガス( $H_2$ )と二酸化炭素ガス( $CO_2$ )に改質するものである。なお、以下では、マイクロ連続槽反応器251については、マイクロ回分反応器151と同様の構成要素に同様の符号を付してその詳細な説明を省略する。

【0113】マイクロ連続槽反応器251は、本発明に係る燃料加熱装置及び燃料改質装置が適用されたものであり、基本構成として、上基板152と、中基板253と、下基板154と、薄膜ヒータ157と、燃料供給手段255とを有して構成されている。

【0114】下基板154はガラスで形成された基板である。第二の実施の形態の場合と同様に、この下基板154の上面に薄膜ヒータ157が設けられることで、空洞162が形成される。

【0115】中基板253は、単結晶シリコンで形成された基板であり、少なくとも上基板152及び下基板154よりも熱伝導率の高い部材で構成される。中基板253の下面には、反応室264を構成するための凹部253aが形成されている。凹部253aの表面には、改質触媒267が形成されている。改質触媒267は、メタノール及び水に対して化学反応を促進する作用を有し、メタノール及び水から水素ガス及び二酸化炭素ガスを生成する機能を有するものである。

【0116】凹部253aが薄膜ヒータ157及び空洞162に対向するようにして、中基板253が絶縁膜159を介して下基板154に接合されている。これによ

り、中基板253及び下基板154に囲まれる空間となる反応室264が形成される。

【0117】上基板152はガラスで形成された基板である。第二の実施の形態の場合と同様に、上基板152が中基板253に接合されていることで、凹部152aによる空洞163が形成されている。空洞162及び空洞163には、空気、炭酸ガス、ガス状のフロン等の気体が充填されていても良い。また、空洞162及び空洞は、真空封止されていても良い。

【0118】また、中基板253には、燃料バック2に封入された混合液を反応室264内に供給するための燃料供給手段255が設けられている。この燃料供給手段255は、サーマルジェット方式の液滴噴射装置(例えば、いわゆるプリンタのインクジェットヘッドを適用したものである。)であり、燃料バック2からの混合液が供給されるノズルと、ノズル内の混合液を加熱する発熱体とを基本構成としている。このように構成される燃料供給手段255では、副発電部4にて発電された電力が発熱体に供給されると、ノズル内の混合液が発熱体によって加熱されて、ノズル内の混合液に気泡が発生する。これにより、ノズル内の圧力が上昇し、ノズルの先端に形成されたノズル孔から混合液の液滴が薄膜ヒータ157に向けて噴射される。

【0119】更に、上基板152及び中基板253には、反応室264から水性シフト反応器52のマイクロ流路80まで通じる排出路266が設けられている。

【0120】次に、マイクロ連続槽反応器251の作用について説明する。まず、燃料供給手段255が反応室264の下壁に向けて、混合液の液滴を噴射する。そして、発熱している薄膜ヒータ157が混合液の液滴を加熱すると、混合液が気化してガス状になる。原料ガス(即ち、メタノールガス及び水蒸気)が薄膜ヒータ157によって加熱されることで、また改質触媒267に促進されることで、上記化学反応式(3)及び上記化学反応式(4)に示すような反応する。こうして、原料ガスが改質されて、水素ガス、二酸化炭素ガス及び一酸化炭素ガスが生成される。生成されたガス(即ち、水素ガス、二酸化炭素ガス及び一酸化炭素ガス)は、物質拡散及び対流によって排出路266へと拡散する。また、混合液が気化したり、原料ガスが水素ガス、二酸化炭素ガス及び一酸化炭素ガスに改質されたりすることによって、反応室264内の圧力が上昇する。これにより、生成されたガスは、反応室264内の気圧によって排出路266を通じて水性シフト反応器52へと排出される。

【0121】以上のように、中基板253が、上基板152及び下基板154より熱伝導率の高いシリコンで形成されているため、薄膜ヒータ157にて生じた熱エネルギーは、中基板253へと熱伝導する傾向となる。従って、薄膜ヒータ157にて生じた熱エネルギーは、中基板253、反応室264及び反応室264内の混合液



並びに原料ガスを加熱するために主に消費される。

【0122】また、中基板253に隣接して、空洞162及び空洞163が形成されているため、中基板253に伝導した熱エネルギーは上基板152及び下基板154に伝導し難い。即ち、空洞162及び空洞163には空気、フロン若しくは炭酸ガスが充填されているため、又は空洞162及び空洞163が真空充填されているため、薄膜ヒータ157にて生じた熱エネルギー又は中基板253に伝導した熱エネルギーは、空洞162或いは空洞163に伝導し難い上、空洞162又は空洞163を介して上基板152又は下基板154に伝導し難い。従って、薄膜ヒータ157にて生じた熱エネルギーは、中基板253、反応室264及び反応室264内の混合液並びに原料ガスを加熱するために主に消費される。

【0123】また、薄膜ヒータ157或いは中基板253から発せられる電磁波が空洞162に向けて発せられるが、電磁波が蒸着膜160にて反射する。そのため、薄膜ヒータ157或いは中基板253から下基板154への熱放射が抑えられる。同様に、空洞163の表面に鏡面の蒸着膜161が形成されているため、中基板253から上基板152への熱放射が抑えられる。従って、薄膜ヒータ157にて生じた熱エネルギーは、中基板253（即ち、反応室264）を加熱すること、結局のところ反応室264内の混合液を加熱して蒸発させること及び原料ガスを加熱して改質することに主に消費される。

【0124】従って、薄膜ヒータ157の熱エネルギーの損失が抑えることができる。そのため、薄膜ヒータ157が加熱するために電力の消費量、言い換えれば、副発電部4にて消費される混合液の消費量を抑えることができる。

【0125】なお、本発明は、上記各実施の形態に限定されることなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において、種々の改良並びに設計の変更を行っても良い。

【0126】例えば、上記各実施の形態において、燃料電池システム1の外形は図1に示すような円筒形状に限らず、例えば、ボタン型或いはコイン型等の円形型であっても良いし、特殊形状型、角形或いは平型等の非円形型であっても良い。

【0127】また、第一或いは第三の実施の形態において、燃料供給手段59及び燃料供給手段255は、サーマルジェット方式のものとしたが、ピエゾ式の液滴噴射装置（いわゆる、ピエゾ式のインクジェットヘッドを適用したもの。）或いは静電式の液滴噴射装置（いわゆる、静電式のインクジェットヘッドを適用したもの。）が適用されても良い。ピエゾ式のインクジェットヘッドは、燃料バック2から混合液が供給されるノズルと、電圧が印加されると変形するピエゾ素子とを備えている。そして、副発電部4にて発電された電力によってピエゾ

素子に電圧が印加されると、ノズルの先端に形成されたノズル孔から混合液の液滴が噴射され、これにより混合液が供給される。

【0128】また、静電式のインクジェットヘッドとは、ノズルと、ノズルの一部である振動板と、前記振動板に対向配置された対向電極とを備えている。そして、静電式のインクジェットでは、振動板と対向電極との間に電圧が印加されると、クーロン力によって振動板が対向電極に向けて撓む。その後、振動板と対向電極との間の電圧が消去すると、振動板が復元する。これにより、ノズルの先端に形成されたノズル孔から混合液の液滴が噴射され、これにより混合液が供給される。

【0129】また、薄膜ヒータ58、76、97或いは157に代えて、例えば、熱流体等の熱を発して加熱する加熱手段としても良い。

【0130】また、上記各実施の形態では、蒸発室63、マイクロ流路68、反応室164或いは反応室264の上方及び下方に空洞が形成されていたが、更に、蒸発室63、マイクロ流路68、反応室164或いは反応室264の前方、後方、左方又は右方に空洞が形成されていても良い。なお上記各実施の形態では、中基板として反応を促進するために熱伝導率の高い単結晶シリコンを用いたが、上基板及び／又は下基板よりも熱伝導率が高く、加工性に優れている材料であればこれに限らず、例えばアルミニウムやその合金でもよい。また十分な封止が可能である場合に限り、空洞のある上基板及び中基板の二層構造や中基板及び空洞のある下基板の二層構造であってもよい。また上記各実施の形態では、燃料としてメタノールを用いたが、吸熱反応により水素を発生させるものであればその他の液化燃料でもよく、ブタン等の常温、常圧下で気化する燃料であればより好ましい。なお、上記各実施の形態では、燃料電池の各要素のヒータに関する断熱構造について説明したが、これに限らず、DNA等の遺伝子の同定、合成のように所定の物質を化学反応させる超小型反応プラントに上述した断熱構造を応用することも可能である。

【0131】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、加熱手段によって第一の内部空間が加熱されることで、改質原料及び本体も加熱される。第二の内部空間が第一の内部空間の近傍に形成されているが、熱は第一の内部空間から第二の内部空間を通過して伝導し難い。従って、加熱手段から生じる熱エネルギーは改質原料の加熱に効率よく用いられる。そのため、本発明に係る加熱装置では、エネルギーの熱損失が抑制されるとともに、エネルギーの利用効率が向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る燃料電池システム及び従来の化学電池の外形が示されている斜視図である。

【図2】上記燃料電池システムの機能ブロック図が示さ

れている図面である。

【図3】上記燃料電池システムに設けられる燃料電池の構成例が概略的に示されている図面である。

【図4】上記燃料電池システムに設けられるマイクロリアクタの構成例が示されている図面である。

【図5】上記マイクロリアクタに設けられるマイクロ蒸発器が示されている断面図である。

【図6】上記マイクロリアクタに設けられるマイクロ改質反応器が示されている斜視図である。

【図7】上記マイクロ改質反応器が示されている断面図である。

【図8】上記マイクロ改質反応器とは別の例のマイクロ改質反応器が示されている断面図である。

【図9】上記マイクロリアクタに設けられる水性シフト反応器及び選択酸化反応器が示されている断面図である。

【図10】上記燃料電池システムに設けられる燃料電池の構成が概略的に示されている図面である。

【図11】上記マイクロリアクタとは別の例のマイクロリアクタの構成例が示されている図面である。

【図12】上記別の例のマイクロリアクタに設けられるマイクロ回分反応器が示されている断面図である。

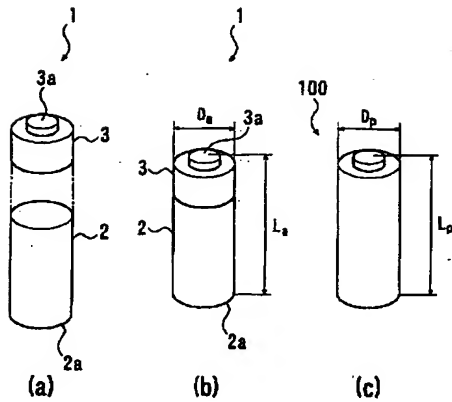
【図13】上記マイクロ回分反応器に代えて、上記別の例のマイクロリアクタに設けられるマイクロ連続槽反応器が示されている断面図である。

#### 【符号の説明】

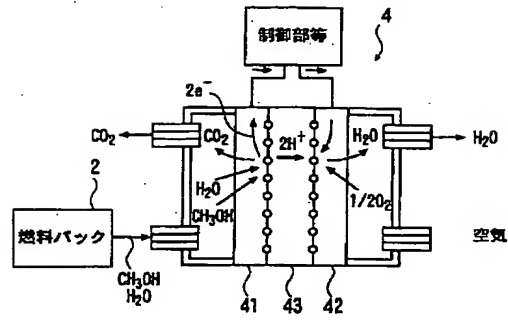
- 1 燃料電池システム
- 5 マイクロリアクタ（改質装置）
- 6 主発電部（燃料電池）
- 50 マイクロ蒸発器（加熱装置、蒸発部）
- 51 マイクロ改質反応器（加熱装置）
- 55 上基板（本体、第二基板）
- 55 a 凹部
- 56 中基板（本体、第一基板）
- 57 下基板（本体、第二基板）
- 57 a 凹部
- 58 薄膜ヒータ（加熱手段）
- 59 燃料供給手段（供給手段）
- 60 空洞（第二の内部空間）
- 63 蒸発室（第一の内部空間）
- 64 空洞（第二の内部空間）
- 65 膜（鏡面）

- 66 蒸着膜（鏡面）
- 68 マイクロ流路（第一の内部空間）
- 69 上基板（本体、第二基板）
- 69 a 凹部
- 70 中基板（本体、第一基板）
- 71 下基板（本体、第二基板）
- 71 a 凹部
- 72 空洞（第二の内部空間）
- 73 蒸着膜（鏡面）
- 74 空洞（第二の内部空間）
- 75 蒸着膜（鏡面）
- 76 薄膜ヒータ（加熱手段）
- 90 マイクロ改質反応器（加熱装置、改質装置）
- 91 上基板（本体）
- 92 中基板（本体）
- 93 下基板（本体）
- 94 空洞（第二の内部空間）
- 95 マイクロ流路（第一の内部空間）
- 96 改質触媒
- 97 薄膜ヒータ（加熱手段）
- 98 蒸着膜（鏡面）
- 151 マイクロ回分反応器（加熱装置、改質装置）
- 152 上基板（本体、第二基板）
- 152 a 凹部
- 153 中基板（本体、第一基板）
- 154 下基板（本体、第二基板）
- 154 a 凹部
- 155 第一マイクロバルブ（供給手段）
- 157 薄膜ヒータ（加熱手段）
- 160 蒸着膜（鏡面）
- 161 蒸着膜（鏡面）
- 162 空洞（第二の内部空間）
- 163 空洞（第二の内部空間）
- 164 反応室（第一の内部空間）
- 167 改質触媒
- 251 マイクロ連続槽反応器（加熱装置、改質装置）
- 253 中基板（本体、第一基板）
- 255 燃料供給手段（供給手段）
- 264 反応室（第一の内部空間）
- 267 改質触媒

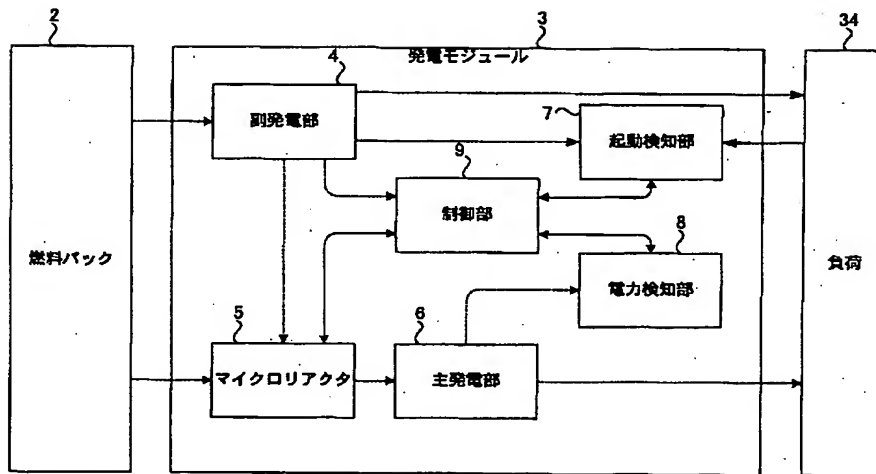
【図1】



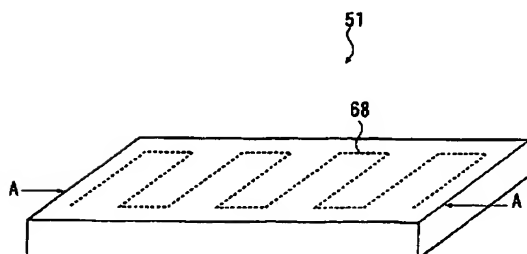
【図3】



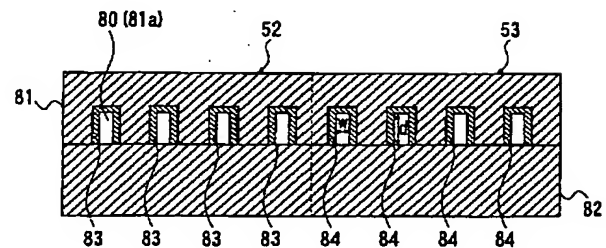
【図2】



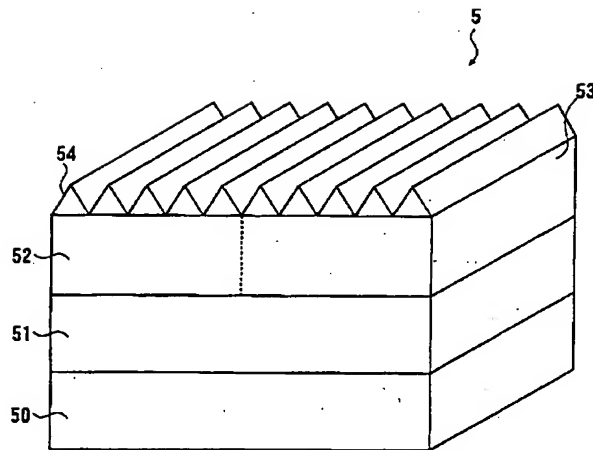
【図6】



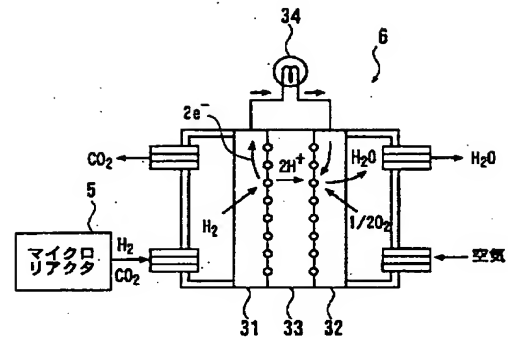
【図9】



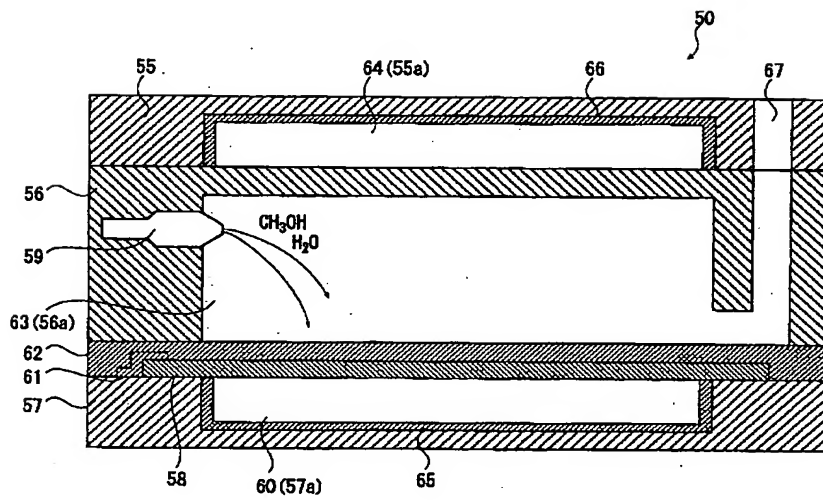
【図4】



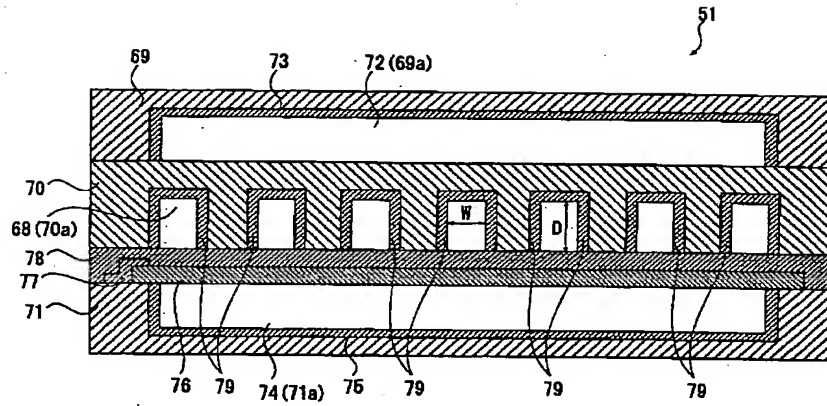
【図10】



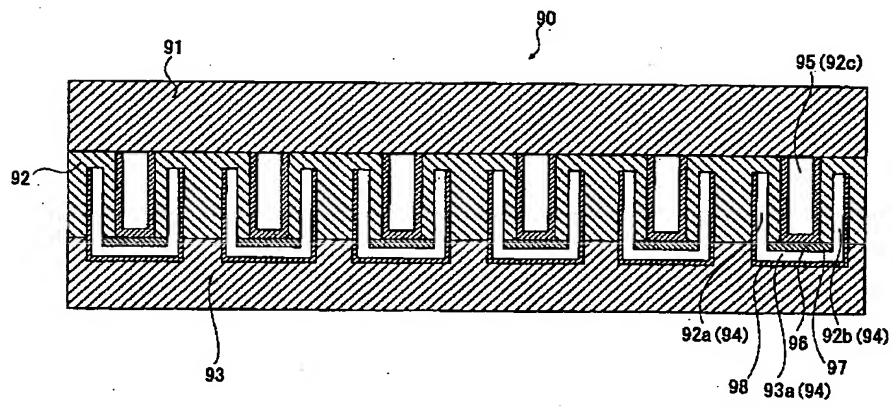
【図5】



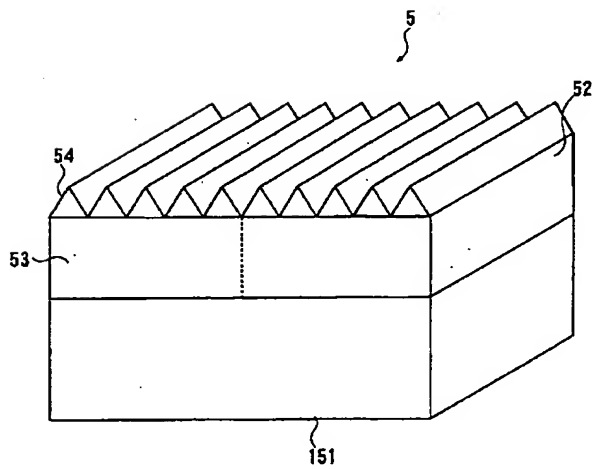
【図7】



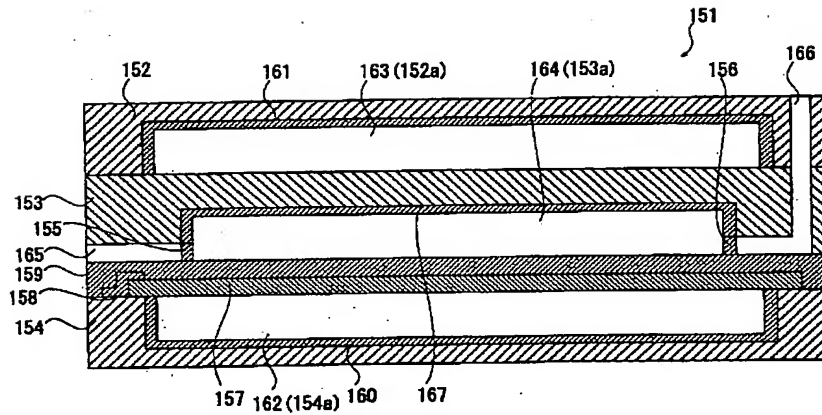
【図8】



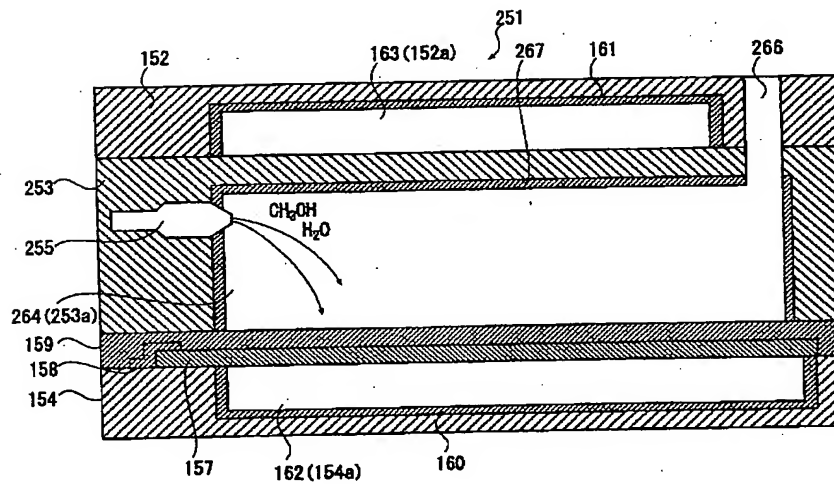
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
// H01M 8/00

識別記号

FI  
H01M 8/00

テーマコード(参考)  
A